

PENGARUH PEMBERAT PADA TURBIN TERHADAP EFISIENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

Ridho Guruh Syah Putra¹⁾, Nova Risdiyanto Ismail²⁾, Naif Fuhaid³⁾

ABSTRAK

Kebutuhan listrik bagi masyarakat masih menjadi permasalahan penting di Indonesia, khususnya di daerah pedesaan di wilayah Indonesia bagian timur. Penyediaan listrik untuk wilayah tersebut mempunyai berbagai kendala, seperti; biaya, ketersediaan energi dalam jumlah besar, kemampuan ekonomi masyarakat dan teknologi. Dengan demikian perlu dikembangkan teknologi alternatif yang mampu dikembangkan mandiri, murah biayanya dan ramah lingkungan. Mikrohidro merupakan peralatan yang merubah energi potensial (ketinggian air), menjadi energi kinetik (kecepatan aliran air), energi mekanik (turbin air), kemudian dirubah menjadi energi listrik (generator). Komponen-komponen penting pada sistem mikrohidro adalah sumber energi (air dan alirannya), turbin air dan generator. Besar energi listrik yang dihasilkan sangat tergantung dari besar energi kinetik yang dapat dirubah menjadi energi mekanik, sedangkan energi mekanik tergantung dari turbin air. Turbin air ini sangat tergantung dari pemberat pada turbin dan laju aliran air. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemberat pada turbin dan laju aliran air terhadap efisiensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Pemberat pada turbin divariasi yaitu tanpa pemberat, dengan 4 beban, dengan 8 beban, dan dengan 16 beban. Untuk laju aliran divariasi yaitu 1,5 putaran katup, 2 putaran katup, dan 2.5 putaran katup aliran air input. Setiap pengambilan data diulangi sebanyak lima (5) kali. Dilakukan pengambilan data pada variasi bentuk sudu turbin dan variasi laju aliran air. Hasil pengukuran dihitung putaran turbin, arus, tegangan, dan daya listrik rata-rata. Hasil pengolahan data di tampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil tersebut juga di analisa berdasarkan teori yang ada.

Hasil analisa dari penelitian pengaruh pemberat pada turbin dan laju aliran. Bahwa pemberat pada turbin dengan 16 beban lebih efisien dibandingkan dengan jumlah beban di bawahnya. Sedangkan semakin besar laju aliran air maka efisiensi PLTMH yang dihasilkan semakin tinggi.

Kata kunci : Pemberat pada turbin, laju aliran air.

PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik bagi masyarakat masih menjadi permasalahan penting di Indonesia, khususnya daerah pedesaan di wilayah Indonesia bagian timur. Penyediaan listrik untuk wilayah tersebut mempunyai berbagai kendala, seperti; biaya, ketersediaan energi dalam jumlah besar, kemampuan ekonomi masyarakat dan teknologi. Dengan demikian perlu dikembangkan teknologi alternatif yang mampu dikembangkan mandiri, murah biayanya dan ramah lingkungan.

Pembangkit listrik tenaga air skala kecil dikenal dengan istilah mikrohidro. Mikrohidro merupakan peralatan yang merubah energi potensial (ketinggian air), menjadi energi kinetik (kecepatan aliran air), energi mekanik (turbin air), kemudian dirubah menjadi energi listrik (generator). Komponen-komponen penting pada sistem mikrohidro adalah sumber energi (air dan alirannya), turbin air dan generator.

Besar energi listrik yang dihasilkan sangat tergantung dari besar energi kinetik yang dapat dirubah menjadi energi mekanik, sedangkan energi mekanik tergantung dari turbin air. Turbin air ini sangat tergantung dari bentuk sudu, jumlah sudu, ketinggian sumber air, jumlah air yang tersedia/kontinuitas, berat sudu turbin, sudut pipa pesat dan laju aliran air. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dalam hal ini penelitian difokuskan untuk mengetahui pengaruh beban/pemberat pada turbin terhadap efisiensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan antara lain adalah untuk mengetahui pengaruh beban/pemberat pada turbin terhadap efisiensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

Tinjauan Pustaka

Penelitian Sebelumnya

Warsito dkk, (2005). Pembangkit tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (power) yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus : $P = 9,81 Q H \text{ kW}$ (2.1). Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis.

Damastuti, A, P . (1997). PLT Mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

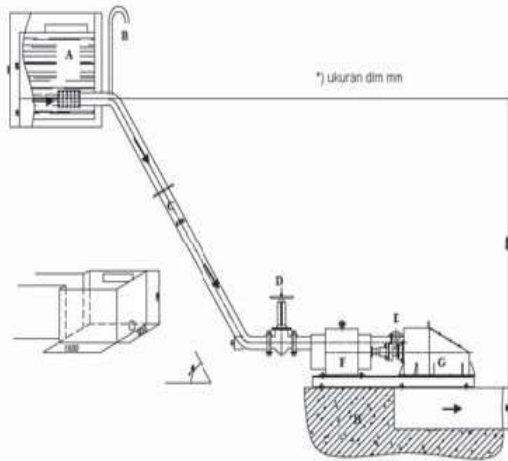
Hasan. A . Pada umumnya PLTM mempunyai tiga komponen utama yang masing-masing fungsinya sangat menentukan, yaitu : turbin air, generator, dan governor (ELC), disamping itu juga mikrohidro memerlukan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh (biasa disebut 'Head')

Basuki. K. (2007) PLTMH tidak memerlukan bahan bakar apapun. Masukan energi primer berupa aliran massa air tidak dikurangi, tetapi hanya dimanfaatkan energinya dalam jarak ketinggian tertentu atau diambil energi potensialnya saja.

Mikrohidro

Pembangkitan listrik mikrohidro adalah pembangkitan listrik dihasilkan oleh generator listrik DC atau AC. Mikrohidro berasal dari kata *micro* yang berarti kecil dan *hydro* artinya air, arti keseluruhan adalah pembangkitan listrik daya kecil yang digerakkan oleh tenaga air. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik.

Sistem mikrohidro terdiri dari penampungan air dalam bentuk bendungan kecil (A), melalui sebuah pipa yang ujungnya dipasang filter untuk menyaring air sehingga kotoran tidak masuk ke pipa dan turbin.



Gambar 1. Sistem pembangkit listrik mikrohidro

Keterangan Gambar :

- A. Tangki air dari bendungan
- B. Pipa lubang angin
- C. Pipa pesat
- D. Katup pembuka atau Gate valve
- E. Spear valve
- F. Generator
- G. Turbin
- H. Dudukan Turbin

Pipa menuju turbin sering disebut pipa pesat (C), dilengkapi dengan pipa pernapasan udara (B) gunanya agar udara yang terjebak dalam pipa bisa keluar dan tidak menghantam sudu-sudu turbin. Katup pembuka (D) dipasang sebelum turbin, gunanya untuk menutup aliran air ke Turbin, ketika dilakukan perbaikan berkala pada turbin. Aliran air dari pipa pesat melewati katup spear (E) untuk mengatur debit air yang masuk ke turbin air (G). Akibat energi potensial air, sudu-sudu turbin akan memutar poros turbin yang dikopel langsung

dengan generator listrik (F). Generator akan menghasilkan energi listrik yang siap digunakan untuk berbagai kebutuhan. Air buangan dialirkan ke saluran pembuangan dan kembali ke sungai.

Ada dua faktor yang mempengaruhi out put daya generator mikrohidro, yaitu ketinggian jatuh air dan debit aliran. Ketinggian jatuh air merupakan jarak vertikal antara turbin dengan bendungan air, yang diukur dalam meter. Debit aliran merupakan jumlah dari air yang melewati turbin tiap waktu, yang diukur dalam liter/detik. Tabel berikut menunjukkan bermacam kombinasi ketinggian dan aliran air untuk mencapai output daya maksimum yang diinginkan untuk tiap model:

$$\text{Daya output Generator } P_{out} = 9,8 H \cdot Q \cdot \eta \quad (2.2)$$

Keterangan:

- H = tinggi efektif jatuh air (m)
- Q = debit air (m³/detik)

Pipa Pesat (Penstock)

Penstock dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan penstock untuk pembangkit listrik tenaga air skala kecil (Mikrohidro) adalah diameter dimana semakin kecil diameter maka kecepatan air dalam penstock akan semakin naik untuk debit yang sama, rugi-rugi pada penstock disebabkan debit air dan tinggi jatuh yang relatif kecil dan ketersediaan material di daerah lokal.

Turbin Air

Dalam suatu sistim PLTMH, turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi puntir (mekanik). Energi puntir ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin tidak tetap nilainya, tergantung dari keadaan beban dan jenis turbinnya. Kinerja dari suatu turbin dapat dinyatakan dalam beberapa keadaan: tinggi terjun maksimum, tinggi terjun minimum, tinggi terjun normal, dan tinggi terjun rancangan. Pada tinggi terjun rancangan turbin akan memberikan kecepatan terbaiknya sehingga efisiensinya mencapai maksimum. Dalam Tabel 2.7. disajikan efisiensi turbin untuk berbagai kondisi sebagai gambaran mengenai kisaran nilai efisiensi terhadap beban dan jenis turbin.

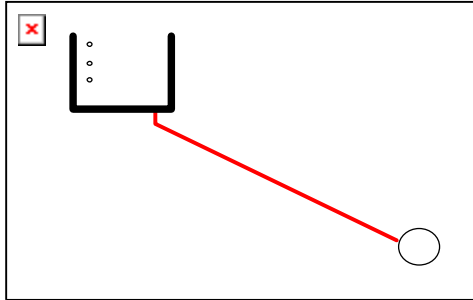
METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

- a. Variabel Bebas : tanpa pemberat, variasi pemberat dan variasi bukaan katup
- b. Variabel Terikat : Arus listrik (I) dan Tegangan listrik (V), Debit aliran (Q) dan Putaran turbin (rpm)

Model Peralatan

Alat yang digunakan adalah Pembangkit listrik mikrohidro dengan volume air pada tandon atas yang berbeda-beda. Peralatan sebagai berikut:



Gambar 2. Skema mikrohidro

Dengan deskripsi alat sebagai berikut :

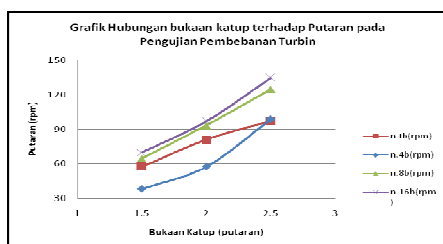
Pompa dihidupkan untuk memompa air dari tandon bawah ke tandon atas melalui pipa penyalur, pipa penyalur dilengkapi dengan dua buah katup yang berfungsi sebagai pengontrol aliran air yang masuk ke tandon atas sehingga debit air pada tandon atas selalu stabil. Air didalam tandon dikontrol menggunakan pipa over flow yang digunakan untuk menyesuaikan ketinggian air. Kemudian air yang terisi di tandon atas disalurkan ke turbin melalui pipa pesat, pada pipa pesat tersebut terjadi perubahan kecepatan aliran air. Kecepatan aliran air akan menghantam sudu turbin, sehingga turbin berputar. Turbin akan memutarakan poros yang berhubungan dengan transmisi, sedangkan transmisi melalui poros output berhubungan langsung dengan generator listrik. Dengan demikian dapat digambarkan proses perubahan energi pada pembangkit listrik mikrohidro.

Rencana Analisa Data

Melalui variabel bebas yang merupakan variasi dalam penelitian, kemudian diambil data arus listrik, tegangan listrik, debit air dan putaran, dari data yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Dari hasil pengolahan data dapat dibuat grafik, dianalisa dan kemudian disimpulkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan bukaan katup terhadap Putaran pada Pengujian Pembebanan Turbin

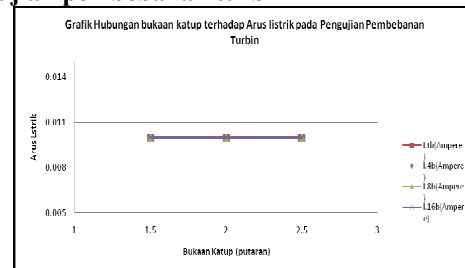


Gambar 4. Grafik hubungan bukaan katup dengan putaran pada pengujian pembebanan turbin.

Dari grafik diatas, terlihat dengan penambahan putaran katup untuk mengalirkan air dari penampung air atas, maka putaran turbin semakin meningkat. Putaran turbin air tertinggi terjadi pada pembebanan 16 buah beban, dengan putaran katup 2.5 putaran, menghasilkan putaran turbin sebesar 134.80 rpm. Sedangkan putaran turbin terendah terjadi pada tanpa beban, dengan putaran katup 1.5 putaran, dan menghasilkan putaran turbin sebesar 57.28 rpm.

Putaran tertinggi yang dihasilkan pada pembebanan 16 beban, disebabkan oleh putaran katup 2.5 putaran (tekanan air dari penampung atas); kesesuaian antara tekanan air, turbin, pembebanan turbin dan gaya sentrifugal dapat meningkatkan putaran turbin. Sedangkan grafik terendah diatas terjadi pada pembebanan tanpa beban, yang disebabkan oleh bukaan katup 1.5.

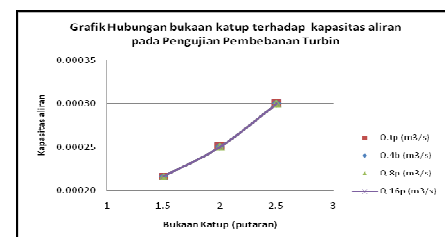
Hubungan bukaan katup terhadap arus listrik pada pengujian pembebanan turbin



Gambar 5. Grafik hubungan bukaan katup terhadap arus listrik pada pengujian pembebanan turbin.

Dari grafik diatas terlihat dari penambahan bukaan katup 1.5, 2, dan 2.5, arus listrik yang dihasilkan semuanya sama dengan nilai 0.01 A. hal ini disebabkan oleh voltage kumparan berubah-ubah.

Hubungan bukaan katup terhadap kapasitas aliran pada pengujian pembebanan turbin

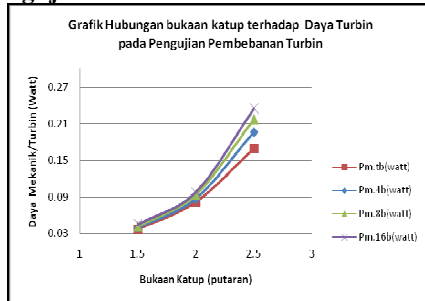


Gambar 6. Grafik hubungan bukaan katup terhadap kapasitas aliran pada pengujian pembebanan turbin.

Dari grafik di atas terlihat dari penambahan bukaan katup, kapasitas aliran meningkat. Kapasitas aliran tertinggi terjadi pada pembebanan tanpa beban, 4 beban, 8 beban, dan 16 beban, dengan bukaan katup 2.5, dengan nilai kapasitas aliran adalah 0.0003 m³/s. Kapasitas aliran terendah terjadi pada pembebanan tanpa beban, 4 beban, 8 beban, 16 beban dengan bukaan katup 1.5, dengan nilai kapasitas aliran adalah 0.00022 m³/s.

Hasil grafik tertinggi di atas pada pembebanan tanpa beban, 4 beban, 8 beban, 16 beban, hal ini disebabkan oleh bukaan katup 2.5. sedangkan hasil grafik terendah pada semua pembebanan, yang disebabkan oleh bukaan katup 1.5.

Hubungan laju bukaan katup terhadap daya turbin pada pengujian

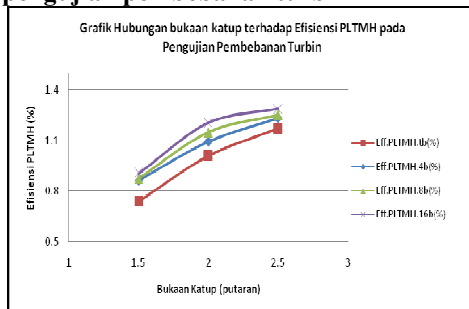


Gambar 7. Grafik hubungan bukaan katup terhadap daya turbin pada pengujian pembebanan turbin.

Dari grafik di atas terlihat dari penambahan bukaan katup, daya mekanik meningkat. Daya mekanik tertinggi terjadi pada pembebanan 16 beban, dengan bukaan katup 2.5, dengan daya mekanik 0.235 watt. Sedangkan tegangan listrik terendah terjadi pada pembebanan tanpa beban, dengan bukaan katup 1.5, dengan daya listrik 0.037 watt.

Hasil grafik tertinggi pada pembebanan semua beban, hal ini disebabkan oleh bukaan katup 2.5. sedangkan hasil grafik terendah pada pembebanan tanpa beban disebabkan oleh bukaan katup 1.5.

Hubungan bukaan katup terhadap efisiensi PLTMH pada pengujian pembebanan turbin



Gambar 8. Grafik hubungan bukaan katup terhadap efisiensi PLTMH pada pengujian pembebanan turbin.

Dari grafik di atas terlihat dari penambahan bukaan katup, efisiensi PLTMH meningkat. efisiensi PLTMH tertinggi terjadi pada pembebanan 16 beban, dengan bukaan katup 2.5, dengan efisiensi PLTMH 1.29 %. Sedangkan efisiensi PLTMH terendah terjadi pada pembebanan tanpa beban, dengan bukaan katup 1.5, dengan efisiensi PLTMH 0.74 %.

Hasil grafik tertinggi pada pembebanan 16 beban, hal ini disebabkan oleh bukaan katup 1.5. sedangkan hasil grafik terendah pada pembebanan tanpa beban yang disebabkan oleh bukaan katup 2.5.

Pembahasan

Bukaan katup air terhadap putaran turbin menunjukkan bahwa putaran turbin cenderung meningkat jika laju aliran air dan pemberat pada turbin semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh, jika laju aliran bertambah maka dorongan air terhadap turbin akan semakin besar dan jika pemberat pada turbin bertambah pula maka putaran turbin semakin bertambah pula. Sehingga putaran turbin yang dihasilkan semakin besar pula. Begitu pun sebaliknya jika laju aliran air berkurang dan pemberat turbin berkurang maka putaran turbin yang dihasilkan akan berkurang.

bukaan katup air terhadap arus listrik yang dihasilkan adalah sama jika laju aliran air dan pemberat pada turbin semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh kumparan voltage yang berubah-ubah. Sehingga arus listrik yang dihasilkan sama.

bukaan katup air terhadap kapasitas aliran menunjukkan bahwa kapasitas aliran cenderung meningkat jika laju aliran air dan pemberat pada turbin semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh, jika laju aliran bertambah maka dorongan air terhadap turbin akan semakin besar dan jika pemberat pada turbin bertambah pula maka kapasitas aliran semakin bertambah pula. Sehingga kapasitas aliran yang dihasilkan semakin besar pula. Begitu pun sebaliknya jika laju aliran air berkurang dan pemberat turbin berkurang maka kapasitas aliran yang dihasilkan akan berkurang.

bukaan katup air terhadap daya listrik menunjukkan bahwa daya listrik cenderung meningkat jika laju aliran air dan pemberat pada turbin semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh, jika laju aliran bertambah maka dorongan air terhadap turbin akan semakin besar dan jika pemberat pada turbin bertambah pula maka daya listrik semakin bertambah pula. Sehingga daya listrik yang dihasilkan semakin besar pula. Begitu pun sebaliknya jika laju aliran air berkurang dan pemberat turbin berkurang maka daya listrik yang dihasilkan akan berkurang.

bukaan katup air terhadap daya turbin menunjukkan bahwa daya turbin cenderung meningkat jika laju aliran air dan pemberat pada turbin semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh, jika laju aliran bertambah maka dorongan air terhadap turbin akan semakin besar dan jika pemberat pada turbin bertambah pula maka daya turbin semakin bertambah pula. Sehingga daya turbin yang dihasilkan semakin besar pula. Begitu pun sebaliknya jika laju aliran air berkurang dan pemberat turbin berkurang maka daya turbin yang dihasilkan akan berkurang.

bukaan katup air terhadap efisiensi PLTMH menunjukkan bahwa efisiensi PLTMH cenderung meningkat jika laju aliran air dan pemberat pada turbin semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh, jika laju aliran bertambah maka dorongan air terhadap turbin akan semakin besar dan jika pemberat pada turbin bertambah pula maka efisiensi PLTMH semakin bertambah pula. Sehingga efisiensi PLTMH yang dihasilkan semakin besar pula. Begitu pun sebaliknya

jika laju aliran air berkurang dan pemberat turbin berkurang maka efisiensi PLTMH yang dihasilkan akan berkurang.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas dapat kita simpulkan sebagai berikut :

1. Jumlah pemberat pada turbin sangat berpengaruh terhadap putaran poros turbin dan Efisiensi PLTMH yang dihasilkan.
2. Laju aliran air sangat berpengaruh terhadap Efisiensi listrik yang dihasilkan. Semakin besar laju aliran air maka Efisiensi PLTMH yang akan dihasilkan semakin besar.
3. Semakin bertambah pemberat pada turbin maka semakin besar efisiensi PLTMH yang dihasilkan pula.

Daftar Pustaka

Basuki. K. (2007) *Mengapa Mikrohidro* Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007) ISSN : 1978 – 9777 Yogyakarta, 24 November 2007

Damastuti, A, P . (1997) *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro* WACANA No. 8 / Mei - Juni 1997

Hasan. A *pengontrol beban elektronik Pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro.* P3 Teknologi Konversi dan Konservasi Energi Deputy Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Luknanto D (2008) *Bangunan Tenaga air*

Warsito S, Syakur A, Nugroho A. (2005) *Studi Awal Perencanaan Sistem Mekanikal Dan Kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Hidro.* Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.

